

STUDI STARTING UDARA TEKAN DENGAN MOTOR PNEUMATIK PADA MESIN INDUK KMP.BONTOHARU

Abd. Latief Had, M. Rusydi Alwi & Andi Fahrul

*Jurusan Teknik Perkapalan - Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea - Makassar, Sulsel 90245
Telp. 0411-585637, email:dd2301@yahoo.com*

Abstrak

Sistem start adalah suatu sistem pelayanan untuk motor induk yang sangat vital di atas kapal yang berfungsi untuk menghidupkan mesin induk maupun generator. Untuk start mesin diesel dapat dilakukan beberapa cara salah satunya menggunakan udara tekan dengan motor pneumatik, dimana dalam proses kerjanya tidak begitu rumit dan dapat juga dioperasikan di ruang kemudi. Adapun komponen utama dalam sistem starting udara tekan ke motor pneumatik meliputi kompresor, botol angin, katup pintu, katup penurun tekanan, pipa udara, katup pneumatik listrik dan motor pneumatik. Penentuan motor pneumatik yang akan digunakan dapat diketahui dari momen puntir yang dihasilkan harus mampu mengatasi momen puntir total yang diperlukan untuk menggerakkan mesin induk. Dari hasil perhitungan diperoleh motor pneumatik dengan daya 22,88 hp yang menghasilkan momen puntir sebesar 2.249 Nm mampu mengatasi momen puntir total yang diperlukan untuk menggerakkan mesin induk sebesar 1.871,45 Nm.

Kata Kunci

Sistem start, komponen utama pneumatik, momen puntir.

PENDAHULUAN

Sistem *start* adalah suatu sistem pelayanan untuk motor induk yang sangat vital di atas kapal yang berfungsi untuk menghidupkan mesin induk maupun generator.

Pada kapal KMP. Bontoharu dimana mesin dieselnnya menggunakan sistem elektrik sebagai sistem startingnya. Penyalaan awal mesin KMP. Bontoharu dimulai dari baterai yang berfungsi pada saat pengisian energi listrik diubah menjadi energi kimia dan saat pengeluaran energi kimia diubah menjadi energi listrik dilanjutkan pada komponen baterai *switch* yang berfungsi memutuskan atau menghubungkan komponen-komponen dalam sistem starting yang lazim dikenal dengan sebutan sakelar kemudian motor *starter* yang berfungsi sebagai penggerak awal sehingga mesin berputar. Paralel *switch* disini berfungsi mencegah aliran arus listrik ke motor *starter* apabila mesin telah beroperasi. Dilanjutkan pada alternator yang berfungsi mengubah tegangan mekanik menjadi energi listrik yang digunakan dalam pengisian baterai dengan memanfaatkan putaran mesin. Selain dengan cara tersebut di atas, sistem starting KMP. Bontoharu dapat pula dilakukan dengan sistem *start* udara tekan ke motor pneumatik.

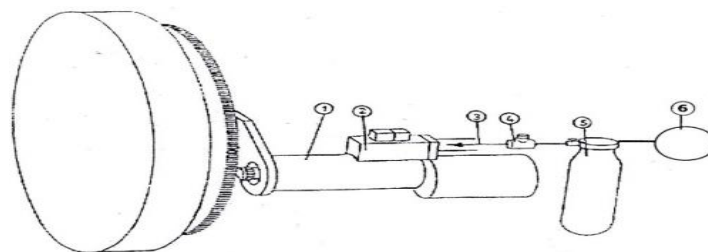
Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan bahwa pokok bahasan penelitian ini adalah bagaimana penggunaan sistem start udara tekan dengan motor pneumatik pada mesin induk KMP. Bontoharu.

Sistem Starting

Sebuah motor diesel tidak dapat bekerja dari keadaan diam ke kondisi kerja, oleh karena media kerja dalam hal ini gas pembakaran tidak tersedia dalam keadaan motor tidak bekerja. Maka motor harus digerakkan oleh suatu sumber energi dari luar. Motor diesel putaran menengah dan motor diesel putaran rendah suatu start dengan udara tekan, yang khusus dilewatkan melalui katup-katup yang ditempatkan pada tutup silinder dan mengisi silinder sewaktu langkah kerja dari silinder yang bersangkutan. Udara disimpan dalam botol angin yang volumenya cukup untuk menstart motor sehingga beberapa kali tanpa menambah pemompaan udara. Instalasi dengan sebuah motor penggerak harus dapat distart sebanyak dua belas kali berturut-turut bergantian untuk putaran maju dan putaran mundur tanpa menambah pemompaan lagi (Maanen, 1995). Untuk menstart mesin diesel dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain start dengan udara tekan, tangan, mesin bensin bantu, gasoline, peluru ledak, dan motor listrik (Maleev, 1995).

Sistem Pneumatik

Pneumatik artinya terisi udara atau digerakkan oleh udara mampat. Udara mampat sendiri adalah udara atmosfer yang diisap oleh kompresor dan dimampatkan dari tekanan normal (0,98 bar) sampai tekanan yang lebih tinggi (biasanya antara 4 dan 8 bar). Disebabkan oleh penurunan tekanan udara dan suhu, atau juga disebabkan oleh pemuaian udara mampat dalam suatu alat pneumatik maka energi potensial yang terkandung dalam udara diubah menjadi energi kinetik, sehingga alat ini dapat menghasilkan kerja mekanis. Fungsi udara mampat ini adalah sebagai sumber tenaga (Krist, 1993). Prinsip kerja dari sistem pneumatik adalah udara dihasilkan oleh kompresor udara dan disimpan dalam botol angin.



Keterangan :

1. Motor Penjalan Udara; 2. Katup Pneumatik Listrik; 3. Pipa Udara; 4. Katup Penurun Tekanan; 5. Botol Angin; 6. Kompresor

Gambar 1.

Sistem starting udara tekan ke motor pneumatik.

Sumber: MAN, Sistem starting/penjualan

Pada gambar 1 menunjukkan, ketika katup pintu pada botol angin (5) dibuka, udara membuka katup pneumatik listrik (2) yang terpasang pada motor penjalan udara (1). Katup ini membuka *switch* penjalan listrik diaktifkan. Kalau arus listrik atau tegangan pengontrol tidak bekerja, maka katup magnit dalam jaringan pengontrol dapat dioperasikan dengan tangan. Pada pipa udara (3) dari botol angin (5) ke motor penjalan udara, dipasang katup penurun tekanan (4) yang akan mengurangi tekanan udara dari botol angin. Udara tekan yang mengalir ke motor penjalan udara akan menyebabkan roda gigi pinion tersambung

pada roda gigi roda gila. Selanjutnya roda gigi pinion akan memutar roda gigi roda gila sehingga poros engkol berputar dan mesin akan berjalan. Roda gigi pinion secara otomatis terlepas dari roda gigi roda gila pada akhir proses starting/penjalaran (MAN, 2000).

Adapun komponen utama sistem starting udara tekan dengan motor pneumatik adalah sebagai berikut:

a. Kompresor

Kompresor pada sistem starting berfungsi untuk memampatkan udara atau gas dari tekanan normal sampai tekanan yang lebih tinggi. Secara teoritis kapasitas kompresor dapat dihitung dengan persamaan:

$$V = (\pi/4)D^2L z n 60 \quad (1)$$

dimana,

- V = Kapasitas kompresor (m³/jam)
- D = Diameter silinder (mm)
- L = Panjang langkah torak (m)
- Z = Jumlah silinder
- n = Jumlah putaran poros per menit

b. Botol Angin

Udara bertekanan tinggi yang dibutuhkan untuk start mesin disimpan dalam botol angin. Volume botol angin yang diperlukan untuk menstart mesin dapat diambil sebesar 15-25 kali lipat perpindahan torak total untuk mesin kecil, berkurang menjadi sekitar 7-10 kali lipat perpindahan torak untuk mesin besar (Arismunandar, 1997). Kapasitas dari botol angin dapat dihitung dengan persamaan:

$$J = a \sqrt[3]{\frac{H}{D}} (z + b p_{e,e} \eta_A + 0,9) V_h c \quad (2)$$

dimana

- J = Kapasitas total tabung udara (dm³)
- H = Langkah torak mesin induk (mm)
- D = Diameter silinder (mm)
- Z = Jumlah silinder mesin induk
- v_h = Volume langkah torak satu silinder (dm³)
- P_{e,e} = Tekanan kerja efektif dalam silinder (bar)
- a,b = Faktor koreksi untuk jenis mesin
 - untuk mesin 2 tak, a = 0,4714; b = 0,059
 - untuk mesin 4 tak, a = 0,4190; b = 0,056
- c = 1, faktor untuk tipe instalasi
- η_A = jumlah putaran
 - untuk putaran nominal (η_o) ≤ 1000 rpm, η_A = 0,06. η_o+14
 - untuk putaran nominal (η_o) > 1000 rpm, η_A = 0,25. η_o-176

Studi Starting Udara Tekan dengan Motor Pneumatik pada Mesin Induk KMP. Bontoharu

c. Katup Pintu

Katup pintu pada sistem starting udara tekan berfungsi untuk membuka dan menutup aliran udara dari botol angin. Pada sistem starting udara tekan ke motor pneumatik, udara dari botol angin melalui katup pintu disalurkan ke katup penurun tekanan dan diteruskan ke motor penjalan udara.

d. Katup Penurun Tekanan

Pada sistem starting udara tekan ke motor pneumatik, katup penurun tekanan dipasang antara pipa udara dari botol angin ke motor penjalan udara. Katup penurun tekanan berfungsi untuk menurunkan tekanan udara dari botol angin yang akan dipakai sebagai tekanan kerja pada sistem starting tersebut.

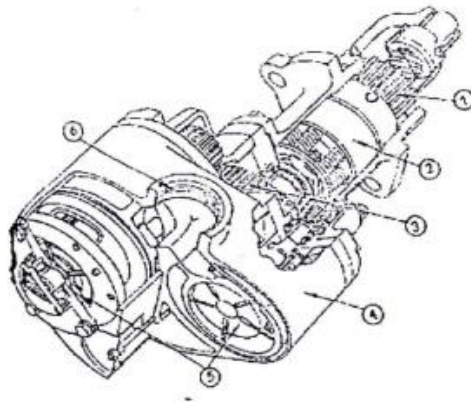
e. Pipa Udara

Pipa ini berfungsi untuk mengalirkan udara dari satu komponen ke komponen yang lain.

f. Katup Pneumatik Listrik

Katup ini hanya terdapat pada sistem starting udara tekan ke motor pneumatik. Katup pneumatik listrik yang dalam pengoperasiannya menggunakan tekanan udara sebagai penekan katup tersebut. Katup ini akan terbuka jika swit penjalan listrik diaktifkan. Karena diaktifkan secara listrik maka katup ini tidak akan berfungsi jika tidak ada listrik.

g. Motor Penjalan Udara (Motor Pneumatik)



Keterangan :

1. Gigi penggerak; 2. Penggerak bendix; 3. Roda gigi; 4. Rumah rotor; 5. Motor penjalan udara; 6. Udara masuk

Gambar 2.

Motor penjalan udara (motor pneumatik).

Sumber: MAN, *Sistem starting/penjualan*

Pada gambar 2 menunjukkan, motor penjalan udara (5) yang dilengkapi dengan sistem pelumasan yaitu sistem pelumasan otomatis yang dipasang di antara pipa udara dan pemasukan udara (6) dan dihubungkan dengan sistem pelumasan mesin. Selama proses starting/penjualan, minyak pelumas akan tersapu oleh semburan udara dan menyemprot ke permukaan motor penjalan udara. (MAN, 2000).

Perhitungan Kerja Sistem Starting Udara Tekan dengan Motor Pneumatik

Data Ukuran Utama Kapal:

Nama Kapal	:	KMP. Bontoharu
Panjang seluruh	LOA	: 50 m
Panjang Antara Garis Tegak	LBP	: 47,45 m
Lebar	B	: 14 m
Tinggi	H	: 3,5 m
Sarat Air	T	: 2,5 m
Kecepatan Dinas	V	: 12 knot

Data Mesin Utama Kapal:

Merk Mesin	:	YANMAR
Seri Mesin	:	12 LAA-UTE 1
Jumlah Silinder	:	6 <i>in line</i>
Type Mesin	:	4 langkah
Tenaga Efektif	:	2 x 1.000 hp
Putaran Maksimum	:	1.850 rpm

- a. Momen puntir total yang diperlukan untuk memutar mesin induk
Momen puntir total yang diperlukan untuk memutar mesin induk, dapat dihitung dengan persamaan (Tangdilallo, 2002):

$$T_{tot} = T_{pe} + T_{rg} + T_k + 10\% \quad (3)$$

dimana,

- T_{tot} = Momen puntir total untuk memutar mesin induk (Nm)
- T_{pe} = Momen puntir akibat massa inersia poros engkol (Nm)
- T_{rg} = Momen puntir akibat massa inersia roda gila (Nm)
- T_k = Momen puntir akibat kompresi (Nm)

- ❖ Momen puntir akibat inersia massa poros engkol, dapat dihitung dengan persamaan (Tangdilallo, 2002):

$$T_{pe} = I_{m_{pe}} \frac{\partial \omega}{\partial t} \quad (4)$$

dimana,

- T_{pe} = Momen puntir akibat inersia massa poros engkol (Nm)
- $I_{m_{pe}}$ = Inersia massa poros engkol (kg.m^2)
 $= \frac{1}{2} \cdot m_{pe} \cdot (r_{pe})^2$ (kg.m^2),
- m_{pe} = Massa roda gila = $\pi/4 \cdot (D)^2 \cdot l \cdot \gamma$ (kg)
 $= 3,14/4 \cdot (0,152)^2 \cdot (1,98) \cdot 7.800 = 280,1$ kg
- D = Diameter poros engkol (m) = 0,152
- l = Panjang poros engkol (m) = 1,98 m
- γ = Berat jenis poros engkol = 7.800 kg/m^3
- r_{pe} = Jari-jari poros engkol (m)

**Studi Starting Udara Tekan dengan Motor Pneumatik
pada Mesin Induk KMP. Bontoharu**

$$\begin{aligned}
 &= D/2 = 0,152/2 = 0,076 \text{ m} \\
 I_{m_{pe}} &= \frac{1}{2} \cdot m_{pe} \cdot (r_{pe})^2 \text{ (kg.m}^2\text{)} \\
 &= \frac{1}{2} (280,1) (0,076)^2 = 0,81 \text{ kg.m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi inersia massa poros engkol sebesar 0,81 kg.m².

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \omega}{\partial t} &= \text{Perubahan kecepatan sudut (rad/det}^2\text{)} \\
 \frac{\partial \omega}{\partial t} &= \omega_1 - \omega_0 \text{ (rad/det}^2\text{)} \\
 t_1 &= 0; t_2 = 3 \text{ detik (waktu selama menstart)} \\
 n &= \text{Putaran poros engkol per detik} = 550/60 = 9,17 \\
 \omega_0 &= \text{Kecepatan sudut} = 0 \\
 \omega_1 &= \text{Kecepatan sudut} = 2\pi n \text{ (rad/det)} \\
 &= 2 (3,14) (9,17) = 57,59 \text{ rad/det} \\
 \frac{\partial \omega}{\partial t} &= \omega_1 - \omega_0 \text{ (rad/det}^2\text{)} \\
 &= 57,59 - 0 = 57,59 \text{ rad/det}^2 \\
 &= 57,59 / 3 = 19,2 \text{ rad/det}
 \end{aligned}$$

Jadi perubahan kecepatan sudut sebesar 19,2 rad/det.

- ❖ Momen puntir akibat inersia massa roda gila, dapat dihitung dengan persamaan (Tangdilallo, 2002):

$$T_{rg} = I_{m_{rg}} \frac{\partial \omega}{\partial t} \quad (5)$$

dimana,

$$\begin{aligned}
 T_{rg} &= \text{Momen puntir akibat massa inersia roda gila (Nm)} \\
 I_{m_{rg}} &= \text{Inersia massa roda gila} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot m_{rg} \cdot (r_{rg})^2 \text{ (kg.m}^2\text{)}, \\
 m_{rg} &= \text{Massa roda gila} = \pi/4 \cdot (D)^2 \cdot t_{rg} \cdot \gamma \text{ (kg)} \\
 &= (3,14/4) (0,55)^2 (0,2) 7.800 = 370,44 \text{ kg} \\
 D &= \text{Diameter roda gila (m)} = 550 \text{ mm} = 0,55 \text{ m} \\
 t_{rg} &= \text{Tebal roda gila (m)} = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m} \\
 \gamma &= \text{Berat jenis roda gila} = 7.800 \text{ kg/m}^3 \\
 r_{rg} &= \text{Jari-jari roda gila (m)} = D/2 = 0,55/2 = 0,275 \text{ m} \\
 I_{m_{rg}} &= \frac{1}{2} \cdot m_{rg} \cdot (r_{rg})^2 \text{ (kg.m}^2\text{)} \\
 &= \frac{1}{2} (370,44) (0,275)^2 = 14 \text{ kg.m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi inersia massa roda gila sebesar 14 kg.m².

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \omega}{\partial t} &= \text{Perubahan kecepatan sudut (rad/det}^2\text{)} \\
 \frac{\partial \omega}{\partial t} &= \omega_1 - \omega_0 \text{ (rad/det}^2\text{)} \\
 t_1 &= 0 \\
 t_2 &= 3 \text{ detik (waktu selama menstart)} \\
 n &= \text{Putaran poros engkol per detik} = 550/60 = 9,17
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega_0 &= \text{Kecepatan sudut} = 0 \\ \omega_1 &= \text{Kecepatan sudut} = 2\pi n \text{ (rad/det)} \\ &= 2 (3,14) (9,17) = 57,59 \text{ rad/det} \\ \frac{\partial \omega}{\partial t} &= \omega_1 - \omega_0 \text{ (rad/det}^2\text{)} \\ &= 57,59 - 0 = 57,59 \text{ rad/det}^2 \\ &= 57,59 / 3 = 19,2 \text{ rad/det}\end{aligned}$$

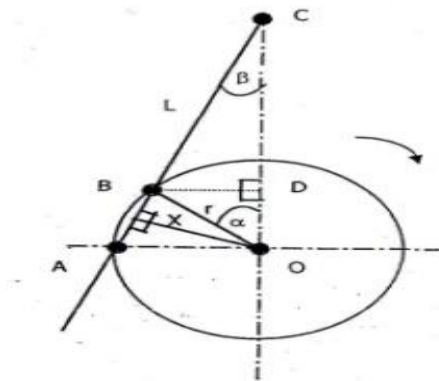
Jadi perubahan kecepatan sudut sebesar 19,2 rad/det

❖ Momen puntir akibat kompresi, dapat dihitung dengan persamaan (Tangdilallo, 2002);

$$T_k = P_k A_{piston} X \quad (6)$$

dimana,

$$\begin{aligned}T_k &= \text{Momen puntir akibat kompresi (Nm)} \\ P_k &= \text{Tekanan kompresi (N/m}^2\text{)} \\ A_{piston} &= \text{Luas piston (m}^2\text{)} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2, D = \text{diameter silinder} = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m} \\ &= \frac{1}{4} (3,14) (0,2)^2 \\ &= 0,0314 \text{ m}^2 \\ X &= \text{Lengan poros engkol, dapat ditentukan berdasarkan dari gambar 3} \\ &\quad \text{di bawah ini:}\end{aligned}$$



Gambar 3.

Sudut potong antara batang penggerak dan lengan engkol.

Sumber : *Motor Diesel Putaran Tinggi*

$$X = \left[r \cos \alpha + L \sqrt{1 - \left(\frac{r}{L} \sin \alpha \right)^2} \right] \frac{r}{L} \sin \alpha \quad (7)$$

dimana,

$$\begin{aligned}\alpha &= \text{Sudut engkol (}^\circ\text{)} \\ r_{pe} &= \text{Jari-jari poros engkol (m)} = 0,076 \text{ m} \\ L &= \text{Langkah torak pada mesin} = \frac{1}{2} \text{ langkah piston (m)} \\ &= \frac{1}{2} (2,7) = 1,35 \text{ m}\end{aligned}$$

**Studi Starting Udara Tekan dengan Motor Pneumatik
pada Mesin Induk KMP. Bontoharu**

Tabel 1.

Penentuan nilai X untuk mencari momen puntir akibat kompresi.

α (°)	$X = \left[r \cos \alpha + L \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l} \sin \alpha \right)^2} \right] \frac{r}{l} \sin \alpha$
0	0,0758
80	0,0754
70	0,0727
60	0,0677
50	0,0602
40	0,0509
30	0,0398
20	0,0274
10	0,0139
0	0

Untuk menentukan tekanan kompresi (P_k) dapat ditentukan dengan sudut engkol di bawah ini;

Tabel 2.

Penentuan momen kompresi (T_k) pada sistem starting udara tekan.

α (°)	P_k (N/m ²)	A_p (m ²)	X (m)	T_k (Nm)
90	$1,02 \times 10^5$	0,0314	0,0758	243
80	$1,55 \times 10^5$	0,0314	0,0754	367
70	$2,71 \times 10^5$	0,0314	0,0727	619
60	$4,05 \times 10^5$	0,0314	0,0677	861
50	$5,90 \times 10^5$	0,0314	0,0602	1120
40	$8,61 \times 10^5$	0,0314	0,0509	1376
30	$1,27 \times 10^5$	0,0314	0,0398	1587
20	$1,72 \times 10^5$	0,0314	0,0274	1480
10	$2,43 \times 10^5$	0,0314	0,0139	1061
0	$3,55 \times 10^5$	0,0314	0	0

- b. Spesifikasi motor pneumatik yang akan digunakan

Untuk mengetahui motor pneumatik yang akan digunakan dapat dihitung dengan persamaan (Arifuddin, 2002):

$$Daya = n T_{total} \quad (8)$$

dimana,

$$n = \text{Putaran poros engkol per detik} = 550/60 = 9,17$$

$$T_{total} = \text{Momen puntir total untuk memutar mesin induk (Nm)}$$

- c. Kerja dari sistem starting udara tekan untuk mengatasi momen puntir total yang diperlukan untuk memutar mesin induk.

- ❖ Gaya yang diakibatkan oleh tekanan udara dalam silinder, dapat dihitung dengan persamaan (Tangdilallo, 2002);

$$F_g = P_g A_{piston} \quad (8)$$

dimana,

F_g = Gaya yang diakibatkan oleh tekanan udara dalam silinder

P_g = Tekanan udara dalam silinder = 18 bar = $18 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

A_{piston} = Luas piston = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 0,785 \times (0,2)^2 = 0,0314 \text{ m}^2$

- ❖ Momen puntir yang diberikan oleh motor pneumatik, dapat dihitung dengan persamaan (Tangdilallo, 2002);

$$T_p = F_g X \quad (9)$$

dimana,

T_p = Momen puntir yang diberikan oleh motor pneumatik (Nm)

F_g = Gaya yang diakibatkan oleh tekanan udara dalam silinder
= $5,65 \cdot 10^4 \text{ N}$

X = Lengan poros engkol = 0,0398 (Tabel 2)

BAHASAN

Dari hasil perhitungan diketahui:

- Momen puntir akibat inersia massa poros engkol (T_{pe}) sebesar 15,55 Nm
- Momen puntir akibat inersia massa roda gila sebesar (T_{rg}) sebesar 268,8 Nm
- Momen puntir akibat kompresi (T_k) sebesar 1.587 Nm

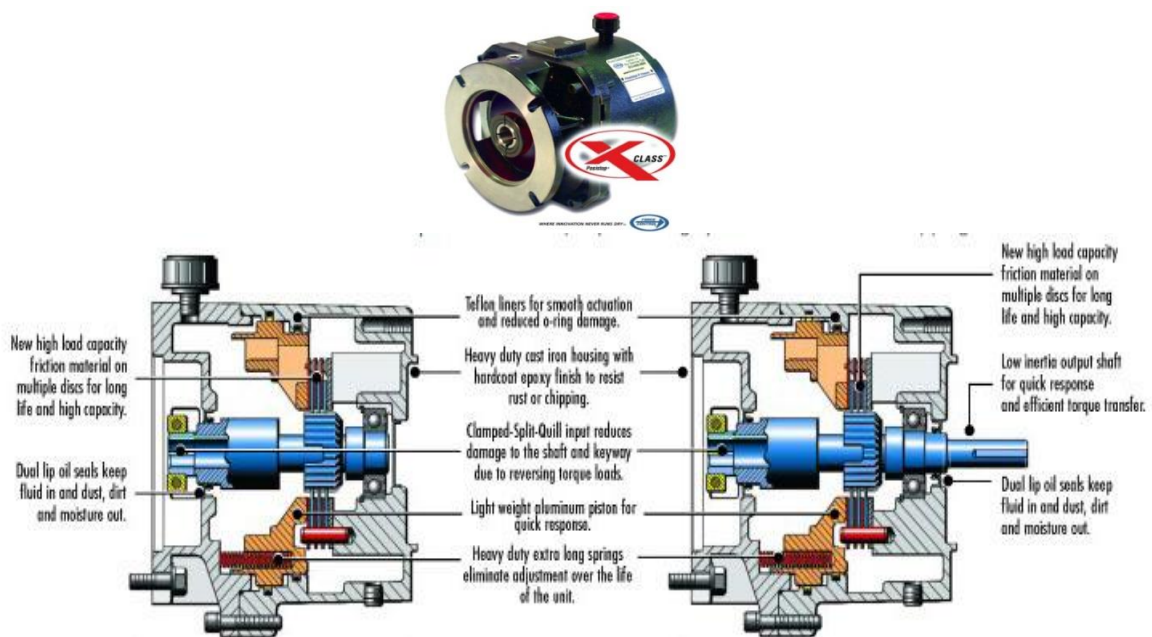
Jadi momen puntir total yang diperlukan untuk memutar mesin induk (T_{tot}) adalah:

$$T_{pe} + T_{rg} + T_k + 10\% = 15,55 + 268,8 + 1.587 + 10\% = 1.871,4$$

Sedangkan momen puntir yang diberikan oleh motor pneumatik dari hasil perhitungan diketahui sebesar 2.249 Nm, dengan demikian momen puntir total yang diperlukan untuk memutar mesin induk dapat diatasi oleh momen puntir yang diberikan oleh motor pneumatik. Adapun spesifikasi motor pneumatik yang akan digunakan pada sistem starting udara tekan mesin diesel KMP. Bontoharu setelah dikonversi dari kW ke hp adalah 22,88 hp sesuai yang ada di pasaran seperti pada gambar di bawah 4.

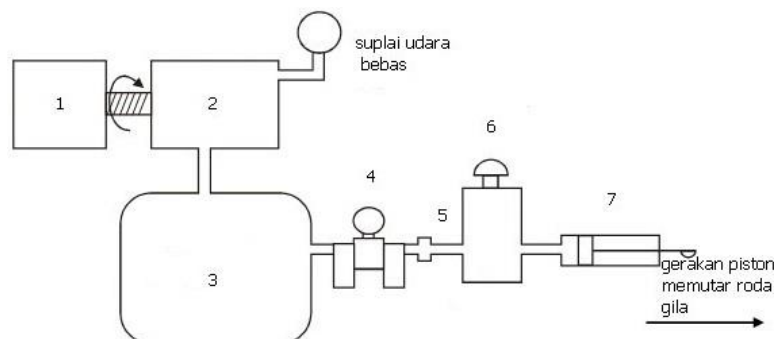
Tipe	XB1
Putaran maksimum	2.300 rpm
Daya	17,16 kW
Diameter Silinder	112 mm
Luas Silinder	153,86 cm ²
Efisiensi	0,8
<i>Lubricator Drop Rite</i>	4-5 drops/menit
Momen Inersia WK ²	0,0130 lb.ft ²
Suhu Maksimum	-4° to +176° F/-20°+80° C
Kapasitas Pelumas	28 ounces
Tekanan Udara dalam Silinder Pinion Roda Gila	18 bar

Studi Starting Udara Tekan dengan Motor Pneumatik pada Mesin Induk KMP. Bontoharu



Gambar 4.
Bagian-bagian motor pneumatik.

Adapun penggunaan sistem starting udara tekan ke motor pneumatik pada KMP. Bontoharu dapat dilihat pada gambar 5.



Keterangan :

1. Motor Listrik; 2. Kompresor; 3. Botol angin; 4. Katup penurun tekanan; 5. Pipa udara; 6. Katup pneumatik listrik; 7. Motor pneumatik.

Gambar 5.
Penggunaan sistem starting udara tekan ke motor pneumatik.

Pada sistem ini, kompresor dihidupkan dengan motor listrik sehingga menghasilkan udara dan disimpan ke dalam botol angin. Ketika katup pintu pada botol angin dibuka, udara membuka katup pneumatik listrik yang terpasang pada motor penjalan udara. Katup ini membuka *switch* penjalan listrik diaktifkan. Kalau arus listrik atau tegangan pengontrol tidak bekerja, maka katup magnit dalam jaringan pengontrol dapat dioperasikan dengan tangan. Pada pipa udara dari botol angin ke motor penjalan udara, dipasang katup penurun tekanan

yang akan mengurangi tekanan udara dari botol angin. Udara tekan yang mengalir ke motor penjalan udara akan menyebabkan roda gigi pinion tersambung pada roda gigi roda gila. Selanjutnya roda gigi pinion akan memutar roda gigi roda gila sehingga poros engkol berputar dan mesin akan berjalan. Roda gigi pinion secara otomatis terlepas dari roda gigi roda gila pada akhir proses starting/penjalanan.

SIMPULAN

- Dari hasil perhitungan diperoleh momen puntir yang diberikan oleh motor pneumatik sebesar 2.249 Nm dan momen puntir total yang diperlukan untuk memutar mesin induk sebesar 1.871,45 Nm. Dengan demikian momen puntir total yang diperlukan untuk memutar mesin induk dapat diatasi oleh momen puntir yang diberikan oleh motor pneumatik.
- Motor pneumatik yang akan digunakan pada sistem starting udara tekan mesin diesel KMP. Bontoharu setelah dikonversi dari kW ke hp adalah 22,88 hp sesuai yang ada di pasaran.
- Adapun penggunaan sistem starting udara tekan ke motor pneumatik pada KMP. Bontoharu dapat dilihat pada gambar 5.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto & Tsuda, Koichi, (1997), *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Cetakan ke-8, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Akimov, p., (1999), *Marine Power Plant*, Peace Publishers, Moscow.
- Arismunandar, Wiranto, Prof., IR., MSME, (2002), *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, ITB, Bandung.
- Maleev, V.L, M.E. DR. A.M, 1996, *Diesel Engine Operation and Maintenance*, Alih bahasa: Ir. Bambang Priambodo, *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*, Erlangga, Jakarta.
- Sularso., (1997), *Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tangdilallo, Bernart Budiharto, (2002), *Analisis Perbandingan Kerja antara Sistem Starting Udara Tekan ke Silinder dengan Motor Pneumatik pada Motor Diesel Kapal*, Skripsi, Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.

